

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 1 月 11 日 (11.01.2001)

PCT

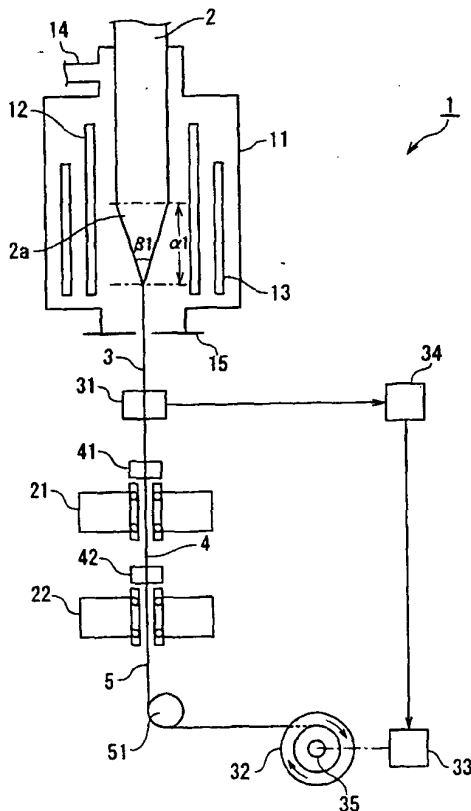
(10) 国際公開番号
WO 01/02312 A1

- (51) 国際特許分類: C03B 37/027, 37/029 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/04353
- (22) 国際出願日: 2000 年 6 月 30 日 (30.06.2000) (72) 発明者; および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石原朋浩 (ISHIHARA, Tomohiro) [JP/JP]. 齋藤達彦 (SAITO, Tatsuhiko) [JP/JP]. 大賀裕一 (OHGA, Yuichi) [JP/JP]; 〒244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願平11/190343 1999 年 7 月 5 日 (05.07.1999) JP (74) 代理人: 弁理士 長谷川芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒104-0061 東京都中央区銀座二丁目6番12号 大倉本館 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER DRAWING METHOD AND DRAWING DEVICE

(54) 発明の名称: 光ファイバの線引き方法及び線引き装置



(57) Abstract: A fiber drawing device (1) has a drawing furnace (11) provided with a carbon heater (13), for heat-drawing an optical fiber preform (2). The carbon heater (13) has a heating portion at least 280 mm in length in a drawing direction, and emits heat so that a maximum temperature on the surface of the optical fiber preform (2) in the furnace (11) is lower than 1800°C. When the preform (2) is drawn with the temperature of a furnace tube (12) of the furnace (11) kept below 1800°C, an atomic arrangement in the preform (2) is comparatively adjusted and is kept minimized in disorderliness. Whereby, it is possible to provide the optical fiber (3) lowered in Rayleigh scattering intensity and in transmission loss, reflecting a lowered atomic arrangement disorderliness in the drawn optical fiber (3).

[続葉有]

WO 01/02312 A1



(81) 指定国 (国内): AU, CN, KR, US.

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

線引き装置 1 は、光ファイバ母材 2 を加熱線引きする線引き炉 1 1 を有し、この線引き炉 1 1 にはカーボンヒータ 1 3 が配設されている。カーボンヒータ 1 3 は、その発熱部の線引き方向での長さが 2 8 0 mm 以上に設定されている。また、カーボンヒータ 1 3 は、線引き炉 1 1 内の光ファイバ母材 2 の表面における最高温度が 1 8 0 0 °C 未満となるように、発熱する。線引き炉 1 1 の炉心管 1 2 の温度を 1 8 0 0 °C 未満に保持した状態で、光ファイバ母材 2 を線引きすることにより、光ファイバ母材 2 内の原子配列が比較的整合化され、原子配列の乱雑さが低減された状態となる。これにより、線引きされた光ファイバ 3 はこの原子配列の乱雑さが低減された状態が反映され、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバ 3 を得ることができる。

明細書

・光ファイバの線引き方法及び線引き装置

技術分野

- 5 本発明は、レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバの線引き方法及び線引き装置に関するものである。

背景技術

- 10 レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバの線引き方法として、例えば特開平 4-59631 号公報に記載されたものが知られている。この線引き方法は、線引き炉の直下に加熱炉を設け、この加熱炉にて加熱線引きされた光ファイバを再加熱するものである。加熱線引きされた光ファイバの再加熱により光ファイバの高温状態から急冷させることを避け、仮想温度（ガラス内の原子の配列状態の乱雑さが対応する温度）を下げて、レイリー散乱強度の低減を図っている。

発明の開示

- 15 しかしながら、特開平 4-59631 号公報に記載された光ファイバの線引き方法では、線引き炉の直下に加熱炉を新たに設ける設備構成となるため、設備費用が高騰するようになってしまう。また、光ファイバの再加熱する行程が追加されるため、光ファイバ母材を加熱線引きし、線引きされた光ファイバを樹脂により被覆する一連の線引き工程が複雑化することにもなる。
- 20 本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、第 1 の目的は、設備費用を高くすることなく且つ簡便に、レイリー散乱強度が低減され伝送損失が低くされた光ファイバを線引きすることが可能な光ファイバの線引き方法を提供することにある。
- 25 第 2 の目的は、設備費用を高くすることなく且つ簡便に、レイリー散乱強度が低減され伝送損失が低くされた光ファイバを線引きすることが可能な光ファイバの線引き装置を提供することにある。

ところで、本発明者らは、設備費用が高騰することなく且つ簡便に、伝送損失

を低くすることが可能な光ファイバの線引き装置及び線引き方法について鋭意研究を行った結果、線引き時の光ファイバ母材の温度とレイリー散乱強度との関係について、以下のような事実を新たに見出した。

5 高温のガラス内では熱エネルギーにより原子は激しく振動しており、低温のガラスに比べて原子配列は乱雑な状態となっている。このため、線引き時の光ファイバ母材の温度が高いほどガラスの原子配列は乱雑さを増すことになる。更に、この原子配列が乱雑な状態が反映された形で線引きされて光ファイバとなるため、線引きされた光ファイバの原子配列は乱雑となり、レイリー散乱損失が大きくなってしまう。なお、レイリー散乱損失（I）は下記（1）式に示すように波長（λ）
10 の4乗に反比例する性質を有しており、この時の係数Aをレイリー散乱係数としている。

$$I = A / \lambda^4 \dots\dots\dots (1)$$

これらの結果から、線引き時の光ファイバ母材の温度を下げることにより、光ファイバ母材内の原子配列が比較的整合化され、乱雑さが低減された状態となり、
15 この原子配列の乱雑さが低減された状態が反映された形で線引きされて光ファイバとなるため、線引きされた光ファイバのレイリー散乱強度を低減して、伝送損失を低くすることができるという点が判明した。

かかる研究結果を踏まえ、上述した第1の目的を達成するため、本発明の光ファイバの線引き方法は、光ファイバ母材が供給される炉心管を備えた線引き炉を用い、光ファイバ母材を加熱線引きする光ファイバの線引き方法であって、炉心
20 管の温度を1800℃未満に保持した状態で、光ファイバ母材を線引きすることの特徴としている。

炉心管の温度を1800℃未満に保持した状態で、光ファイバ母材を線引きするので、線引き時の光ファイバ母材の表面における最高温度が従来の技術よりも
25 低い1800℃未満に下がり、光ファイバ母材内の原子配列が比較的整合化され、原子配列の乱雑さが低減された状態となる。したがって、光ファイバは、この原

子配列の乱雑さが低減された状態が反映された形で線引きされることになり、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバを得ることができる。この結果、線引き時の光ファイバ母材の温度を制御することによりレイリー散乱強度の低減を図っているので、上述した従来の技術のように加熱炉を設けて再加熱するという工程が不要となり、設備費用が高騰することなく且つ簡便に、伝送損失が低くされた光ファイバを得ることができる。

また、本発明の光ファイバの線引き方法においては、線引き炉として、線引き方向における発熱部の長さを光ファイバ母材の直径の8倍以上としたヒータを備えた線引き炉を用いて、光ファイバ母材を線引きすることを特徴としてもよい。

10 炉心管の温度を1800℃未満に保持した状態で、光ファイバ母材を線引きするので、線引き時の光ファイバ母材の表面における最高温度が従来の技術よりも低い1800℃未満に下がるとともに、熔融状態での光ファイバ母材の粘度が高くなり、光ファイバ母材を光ファイバの所望径にまで線引きすることができなくなる。しかしながら、線引き方向における発熱部の長さを光ファイバ母材の直径
15 の8倍以上としたヒータを備えた線引き炉を用いて、光ファイバ母材を線引きすることにより、熔融状態での光ファイバ母材の粘度が高い状態においても、光ファイバ母材を光ファイバの所望径にまで容易に延伸することができる。

また、本発明の光ファイバの線引き方法は、線引き炉を用い、光ファイバ母材を加熱線引きする光ファイバの線引き方法であって、線引き炉内において、光
20 ファイバ母材のメニスカス部のテーパ角度が19°以下となるように、光ファイバ母材を線引きすることを特徴としている。

光ファイバ母材のメニスカス部のテーパ角度が19°以下となるように光ファイバ母材を加熱して線引きするので、延伸された光ファイバ母材のメニスカス部における原子配列が比較的整合化され、原子配列の乱雑さが低減された状態となる。したがって、光ファイバは、この原子配列の乱雑さが低減された状態が反映
25 されており、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバを得

ることができる。この結果、上述した従来の技術のように加熱炉を設けて再加熱するという工程が不要となり、設備費用が高騰することなく且つ簡便に、伝送損失が低くされた光ファイバを得ることができる。

5 上述した第2の目的を達成するため、本発明の光ファイバの線引き装置は、光ファイバ母材を加熱線引きする線引き炉を備えた光ファイバの線引き装置であつて、線引き炉は、光ファイバ母材が供給される炉心管と、炉心管の外周に配設され、光ファイバ母材の長手方向の所定範囲を加熱するヒータと、を備えており、ヒータの発熱部の線引き方向での長さが炉心管の内周直径の6倍以上であることを特徴としている。

10 レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバを得るために、従来の技術に比べて線引き時の光ファイバ母材の温度を下げた場合、熔融状態での光ファイバ母材の粘度が高くなり、光ファイバ母材を光ファイバの所望径にまで線引きすることができなくなる。しかしながら、ヒータの発熱部の線引き方向での長さが炉心管の内周直径の6倍以上であることにより、熔融状態での光ファイバ母材の粘度が高い状態においても、光ファイバ母材を光ファイバの所望径に
15 まで容易に延伸することができる。

また、本発明の光ファイバの線引き装置においては、ヒータが、線引き方向に沿って直列に配設される複数のヒータを含み、複数のヒータの発熱部の線引き方向での長さの和が炉心管の内周直径の6倍以上であることを特徴としてもよい。

20 ヒータが、線引き方向に沿って直列に配設される複数のヒータを含むことにより、光ファイバ母材の加熱範囲を容易に拡大することができる。もちろん、複数のヒータの発熱部の線引き方向での長さの和が炉心管の内周直径の6倍以上であることにより、熔融状態での光ファイバ母材の粘度が高い状態においても、光ファイバ母材を光ファイバの所望径にまで容易に延伸することができる。

25 また、本発明の光ファイバの線引き装置においては、ヒータが、カーボンヒータであることを特徴としてもよい。ヒータがカーボンヒータであることにより、

更に設備費用を低減することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る光ファイバの線引き方法及び線引き装置を示す概略構成図である。

- 5 図 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る光ファイバの線引き方法及び線引き装置を示す概略構成図である。

図 3 は、光ファイバ母材の表面温度とレイリー散乱係数との関係を示す図表である。

発明を実施するための最良の形態

- 10 本発明の実施形態に係る光ファイバの線引き方法及び線引き装置について、図面を参照して説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付しており、重複する説明は省略する。

(第 1 実施形態)

- 15 まず、図 1 を参照しながら、本発明による光ファイバの線引き方法及び線引き装置の第 1 実施形態を説明する。

- 線引き装置 1 は石英系光ファイバの線引き装置であって、線引き炉 1 1、1 次被覆用樹脂硬化部 2 1 及び 2 次被覆用樹脂硬化部 2 2 を有している。線引き炉 1 1、1 次被覆用樹脂硬化部 2 1 及び 2 次被覆用樹脂硬化部 2 2 は、光ファイバ母材 2 を線引きする方向、すなわち光ファイバ母材 2 の長手方向に、線引き炉 1 1、
20 1 次被覆用樹脂硬化部 2 1、2 次被覆用樹脂硬化部 2 2 の順で配設されている。線引き炉 1 1 は、光ファイバ母材 2 が供給される炉心管 1 2 を有している。炉心管 1 2 の外周には、炉心管 1 2 を取り囲むようにしてカーボンヒータ 1 3 が配設されている。ここで、光ファイバ母材 2 の直径は 3.5 mm である。また、炉心管 1 2 の内周直径は 4.6 mm である。

- 25 光ファイバ母材 2 は、母材供給装置（図示せず）に保持され、線引き炉 1 1 の炉心管 1 2 内に供給される。カーボンヒータ 1 3 により光ファイバ母材 2 の下端

が加熱され、光ファイバ3が線引きされる。線引き炉11には、不活性ガス（例えば、N₂ガス）供給部（図示せず）からの不活性ガス供給通路14が接続されており、線引き炉11内は不活性ガス雰囲気となる。

5 カーボンヒータ13は、その発熱部の線引き方向での長さが、光ファイバ母材2の直径の8倍以上に設定されている。なお、炉心管12の内周直径は光ファイバ母材2の直径より短くなることから、カーボンヒータ13の発熱部の線引き方向での長さは、炉心管12の内周直径の6倍以上となる。本第1実施形態においては、カーボンヒータ13の発熱部の線引き方向での長さは、500mmに設定されている。このカーボンヒータ13は、線引き炉11の炉心管12の温度が1
10 800℃未満となるように、供給電力が制御されて発熱する。

カーボンヒータ13への供給電力の制御は、下記のようにして行われる。まず、実際に光ファイバ母材2の線引きを行う前にカーボンヒータ13に通電して、線引き炉11の炉心管12の温度を放射温度計等により測定し、線引き炉11の炉心管12の温度が1800℃未満となる電力値を予め求めておく。そして、光フ
15 アイバ母材2の線引きを行うときには、予め求めておいた電力値となるように、カーボンヒータ13への供給電力の制御する。なお、本第1実施形態においては、炉心管11の温度は、炉心管の内周面（光ファイバ母材2あるいは光ファイバ3の表面と対向する面）の表面温度を示している。

20 このように、線引き炉11の炉心管12の温度が1800℃未満（たとえば、1600℃）となるようにカーボンヒータ13への供給電力の制御することにより、線引き炉11内の光ファイバ母材2の表面における最高温度が1800℃未満となる。

線引き炉11内の光ファイバ母材2は、カーボンヒータ13により加熱されて溶融状態となり、延伸されてメニスカス部2aが形成される。光ファイバ母材2
25 の線引き方向でメニスカス部2aの長さ $\alpha 1$ は、76mm以上（本第1実施形態においては、150mm程度）となり、テーパ角度 $\beta 1$ は19°以下（本第1実

施形態においては、 9.6° 程度)となる。ここで、 $\alpha 1$ 及び $\beta 1$ は、下記式により定義される。

$$\alpha 1 = X 1 - X 2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\beta 1 = 2 \tan^{-1} \{Y (0.45 - 0.1) / (X 1 - X 2)\} \quad \dots (3)$$

5 Y : 光ファイバ母材の外径 (mm)

 X 1 : 外径が $Y \times 0.9$ となる長手方向位置 (mm)

 X 2 : 外径が $Y \times 0.2$ となる長手方向位置 (mm)

なお、Xの原点 (0 mmの位置) をカーボンヒータ最下端部の長手方向位置とし、原点より上方 (重力方向とは反対方向) を正としている。

10 線引き炉 11 のシャッター部 15 を出た光ファイバ 3 は、外径測定手段としての外径測定器 31 により外径がオンライン測定され、その測定値がドラム 32 を回転駆動する駆動モータ 33 にフィードバックされて外径が一定値 (例えば、ガラス外径 $125 \mu\text{m}$) となるように制御される。外径測定器 31 からの出力信号は、制御手段としての制御ユニット 34 に送られ、光ファイバ 3 の外径が予め設定された所定値となるように、ドラム 32 (駆動モータ 33) の回転速度を演算により求める。制御ユニット 34 からは、演算により求めたドラム 32 (駆動モータ 33) の回転速度を示す出力信号が駆動モータ用ドライバ (図示せず) に出力され、この駆動モータ用ドライバは制御ユニット 34 からの出力信号に基づいて、駆動モータ 33 の回転速度を制御する。

20 その後、光ファイバ 3 に、コーティングダイス 41 により 1 次被覆用 UV 樹脂を塗布し、1 次被覆用樹脂硬化部 21 の UV ランプにより 1 次被覆用 UV 樹脂が硬化され、1 次被覆光ファイバ 4 となる。その後、1 次被覆光ファイバ 4 に、コーティングダイス 42 により 2 次被覆用 UV 樹脂を塗布し、2 次被覆用樹脂硬化部 22 の UV ランプにより 2 次被覆用 UV 樹脂が硬化され、2 次被覆光ファイバ (光ファイバ素線) 5 となる。そして、2 次被覆光ファイバ 5 は、ガイドローラ 51 を経て、ドラム 32 により巻き取られる。ドラム 32 は、回転駆動軸 35 に

25

支持されており、この回転駆動軸 3 5 の端部は駆動モータ 3 3 に接続されている。

次に、第 1 実施形態として記載した線引き装置 1 を用いて行った実験の結果について説明する。これらの実験において共通の条件は、以下のとおりである。光ファイバ母材 2 として、直径が $\phi 3.6 \text{ mm}$ で且つ、コア部が Ge 添加石英ガラスからなり、クラッド部が純石英ガラスからなるシングルモードファイバ用ガラス母材を用いた。この光ファイバ母材 2 からガラス外径 $125 \mu\text{m}$ の光ファイバ 3 を線引き装置 1 により線引きした。実施例 1、実施例 2 及び比較例 1 とともに、不活性ガスには N_2 ガスを使用した。

実施例 1 及び実施例 2 は第 1 実施形態に係る光ファイバの線引き方法及び線引き装置による実験例であり、比較例 1 は上述した第 1 実施形態に係る光ファイバの線引き方法及び線引き装置による実施例との対比のために行った比較実験例である。

(実施例 1)

線引き速度を 100 m/min に、線引き張力を 100 gf に、 N_2 ガスの供給量を 3 リットル/min に、各々設定した。カーボンヒータ 1 3 を線引き炉 1 1 の炉心管の温度が 1600°C となるように発熱させて、線引き炉 1 1 の炉心管の温度を 1600°C に保持した状態で光ファイバ母材 2 を線引きした。なお、カーボンヒータ 1 3 の発熱部の線引き方向での長さは 500 mm とした。また、炉心管 1 2 の線引き方向での長さは 600 mm とした。このとき、メニスカス部 2 a の光ファイバ母材 2 の線引き方向での長さ $\alpha 1$ は 150 mm 程度となり、テーパ角度 $\beta 1$ は 9.6° 程度となった。

線引きされた光ファイバ 3 の波長損失特性から求めたレイリー散乱係数は、図 3 に示されるように、 $0.90 \text{ dB}\mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。

(実施例 2)

線引き速度を 100 m/min に、線引き張力を 100 gf に、 N_2 ガスの供給量を 3 リットル/min に、各々設定した。カーボンヒータ 1 3 を、線引き炉

11の炉心管の温度が1750℃となるように発熱させて、線引き炉11の炉心管の温度を1750℃に保持した状態で光ファイバ母材2を線引きした。なお、カーボンヒータ13の線引き方向での長さを350mmに設定した。また、炉心管12の線引き方向での長さを420mmに設定した。このとき、メニスカス部2aの光ファイバ母材2の線引き方向での長さ $\alpha 1$ は106mm程度となり、テーパ角度 $\beta 1$ は13°程度となった。

線引きされた光ファイバ3の波長損失特性から求めたレイリー散乱係数は、図3に示されるように、0.935 dB $\mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。

(比較例1)

10 線引き速度を100m/minに、線引き張力を100gfに、N₂ガスの供給量を3リットル/minに、各々設定した。カーボンヒータを、線引き炉11の炉心管の温度が1900℃となるように発熱させて、線引き炉11の炉心管の温度を1900℃に保持した状態で光ファイバ母材2を線引きした。なお、カーボンヒータの線引き方向での長さを、100mmに設定した。また、炉心管12の線引き方向での長さは、120mmとした。このとき、メニスカス部2aの光ファイバ母材2の線引き方向での長さ $\alpha 1$ は、50mm程度となり、テーパ角度 $\beta 1$ は29°程度となった。

線引きされた光ファイバ3の波長損失特性から求めたレイリー散乱係数は、図3に示されるように、0.97 dB $\mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。

20 以上のように、実施例1及び実施例2においては、レイリー散乱係数が0.90 dB $\mu\text{m}^4/\text{km}$ 、0.935 dB $\mu\text{m}^4/\text{km}$ となり、比較例1の0.97 dB $\mu\text{m}^4/\text{km}$ と比べて、レイリー散乱係数を低減することができた。

25 このように、上述した実験結果からも明らかなように、第1実施形態に係る光ファイバの線引き装置及び線引き方法においては、線引き炉11が、発熱部の線引き方向での長さが光ファイバ母材2の直径の8倍以上（炉心管12の内周直径の6倍以上）とされたカーボンヒータ13を有し、このカーボンヒータ13は、

線引き炉 11 の炉心管 12 の温度が 1800℃未満となるように発熱する。このとき光ファイバ母材 2 は、カーボンヒータ 13 からの熱により、光ファイバ母材 2 のメニスカス部 2a のテーパ角度 β 1 が 19° 以下となるように加熱されて延伸されることになる。

- 5 このように、線引き炉 11 の炉心管 12 の温度を 1800℃未満に保持した状態で、光ファイバ母材 2 を線引きすることにより、線引き時の光ファイバ母材 2 の表面における最高温度が従来の技術よりも低い 1800℃未満に下がり、光ファイバ母材 2 内の原子配列が比較的整合化され、原子配列の乱雑さが低減された状態となる。したがって、光ファイバ母材 2 が延伸されて、線引きされた光ファイバ 3 はこの原子配列の乱雑さが低減された状態が反映されており、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバ 3 を得ることができる。この結果、線引き時の光ファイバ母材 2 の温度を制御することによりレイリー散乱強度の低減を図っているので、上述した従来の技術のように加熱炉を設けて再加熱するという工程が不要となり、線引き装置 1 の設備費用が高騰することなく且つ
- 10
- 15 簡便に、伝送損失が低くされた光ファイバ 3 を得ることができる。

- また、カーボンヒータ 13 の発熱部の線引き方向での長さが光ファイバ母材 2 の直径の 8 倍以上（炉心管 12 の内周直径の 6 倍以上）であるので、線引き時の光ファイバ母材 2 の温度が 1800℃未満に下がり、光ファイバ母材 2 の粘度が高い状態においても、光ファイバ母材 2 を光ファイバ 3 の所望径（例えば、ガラス外径 125 μ m）にまで容易に線引きすることができる。
- 20

 また、線引き炉 11 のヒータとして、カーボンヒータ 13 が用いられているので、線引き装置 1 の設備費用を更に低減することができる。

（第 2 実施形態）

- 次に、図 2 を参照しながら、本発明による光ファイバの線引き装置及び線引き方法の第 2 実施形態を説明する。第 1 実施形態と第 2 実施形態とは、線引き炉内に配設されたカーボンヒータの構成に関して相違する。
- 25

線引き装置 1 0 1 は石英系光ファイバの線引き装置であって、線引き炉 1 1 1、
1 次被覆用樹脂硬化部 2 1 及び 2 次被覆用樹脂硬化部 2 2 を有している。線引き
炉 1 1 1、1 次被覆用樹脂硬化部 2 1 及び 2 次被覆用樹脂硬化部 2 2 は、光ファイ
バ母材 2 を線引きする方向、すなわち光ファイバ母材 2 の長手方向に、線引き
5 炉 1 1 1、1 次被覆用樹脂硬化部 2 1、2 次被覆用樹脂硬化部 2 2 の順で配設さ
れている。線引き炉 1 1 1 は、光ファイバ母材 2 が供給される炉心管 1 2 を有し
ている。炉心管 1 2 の外周には、炉心管 1 2 を取り囲むようにしてカーボンヒー
タ 1 1 3 が配設されている。

光ファイバ母材 2 は、母材供給装置（図示せず）に保持され、線引き炉 1 1 の
10 炉心管 1 2 内に供給される。カーボンヒータ 1 3 により光ファイバ母材 2 の下端
が加熱され、光ファイバ 3 が線引きされる。

カーボンヒータ 1 1 3 は、第 1 カーボンヒータ 1 1 3 a と、第 2 カーボンヒー
タ 1 1 3 b と、第 3 カーボンヒータ 1 1 3 c とを含んでいる。第 1 カーボンヒー
タ 1 1 3 a、第 2 カーボンヒータ 1 1 3 b 及び第 3 カーボンヒータ 1 1 3 c は、
15 光ファイバ母材 2 の線引き方向（図 2 において、上から下）に沿って、第 1 カー
ボンヒータ 1 1 3 a、第 2 カーボンヒータ 1 1 3 b、第 3 カーボンヒータ 1 1 3
c の順で直列に 3 段配設されている。第 1 カーボンヒータ 1 1 3 a、第 2 カーボ
ンヒータ 1 1 3 b 及び第 3 カーボンヒータ 1 1 3 c は、各々の発熱部の線引き方
向での長さが 2 5 0 mm に設定されており、このカーボンヒータ 1 1 3 の線引き
20 方向における発熱部の全長は、7 5 0 mm 程度の長さとなる。

カーボンヒータ 1 1 3（第 1 カーボンヒータ 1 1 3 a、第 2 カーボンヒータ 1
1 3 b 及び第 3 カーボンヒータ 1 1 3 c）は、第 1 実施形態と同様に、線引き炉
1 1 の炉心管 1 2 の温度が 1 8 0 0℃未満（たとえば、1 5 0 0℃）となるよう
に、供給電力が制御されて発熱する。カーボンヒータ 1 1 3 のうちの、線引き方
25 向で両側に位置する第 1 カーボンヒータ 1 1 3 a 及び第 3 カーボンヒータ 1 1 3
c の温度は、炉心管 1 2 の線引き方向での温度分布が均一となるように、熱の逃

げを考慮して第2カーボンヒータ113bの温度よりも高く設定されている。なお、本第2実施形態においては、炉心管11の温度は、炉心管の内周面（光ファイバ母材2あるいは光ファイバ3の表面と対向する面）の表面温度を示している。

5 線引き炉111内の光ファイバ母材2は、カーボンヒータ13により加熱されて溶融状態となり、メニスカス部2aが形成される。このメニスカス部2aの光ファイバ母材2の長手方向での長さ $\alpha 2$ は、200mm程度となり、テーパ角度 $\beta 2$ は 7.2° 程度となる。ここで、 $\alpha 2$ 及び $\beta 2$ は、下記式により定義される。

$$\alpha 2 = X 1 - X 2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\beta 2 = 2 \tan^{-1} \{ Y (0.45 - 0.1) / (X 1 - X 2) \} \quad \dots (3)$$

10 Y : 光ファイバ母材の外径 (mm)

X 1 : 外径が $Y \times 0.9$ となる長手方向位置 (mm)

X 2 : 外径が $Y \times 0.2$ となる長手方向位置 (mm)

なお、Xの原点(0mmの位置)をカーボンヒータ最下端部の長手方向位置とし、原点より上方(重力方向とは反対方向)を正としている。

15 次に、第2実施形態の線引き装置101を用いて行った実験の結果について説明する。これらの実験においては、実施例1、実施例2及び比較例1と同様に、光ファイバ母材2として、直径が $\phi 3.6$ mmで且つ、コア部がGe添加石英ガラスからなり、クラッド部が純石英ガラスからなるシングルモードファイバ用ガラス母材を用いた。この光ファイバ母材2からガラス外径 $125 \mu\text{m}$ の光ファイバ
20 3を線引きした。不活性ガスには N_2 ガスを使用した。

実施例3は第2実施形態に係る光ファイバの線引き方法及び線引き装置による実験例である。

(実施例3)

25 線引き速度を 100 m/min に、線引き張力を 100 gf に、 N_2 ガスの供給量を 3 リットル/min に、各々設定した。カーボンヒータ113を線引き炉111の炉心管の温度が 1500°C となるように発熱させて、線引き炉111の

炉心管の温度を 1500°C に保持した状態で光ファイバ母材2を線引きした。なお、カーボンヒータ13の発熱部の線引き方向での長さは 750 mm とした。また、炉心管12の線引き方向での長さは 900 mm とした。このとき、メニスカス部2aの光ファイバ母材2の線引き方向での長さ $\alpha 1$ は 200 mm 程度となり、
5 テーパ角度 $\beta 1$ は 7.2° 程度となった。

線引きされた光ファイバ3の波長損失特性から求めたレイリー散乱係数は、図3に示されるように、 $0.88\text{ dB}\mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。

以上のように、実施例3においては、レイリー散乱係数が $0.88\text{ dB}\mu\text{m}^4/\text{km}$ となり、比較例1のレイリー散乱係数が $0.97\text{ dB}\mu\text{m}^4/\text{km}$ と比べて、
10 レイリー散乱係数を大幅に低減することができた。

このように、上述した実験結果からも明らかなように、第2実施形態に係る光ファイバの線引き装置及び線引き方法においては、第1実施形態と同様に、線引き時の光ファイバ母材2の表面における最高温度が従来の技術よりも低い 1800°C 未満に下がり、光ファイバ母材2内の原子配列が比較的整合化され、原子配列の乱雑さが低減された状態となる。したがって、光ファイバ母材2が延伸されて、線引きされた光ファイバ3はこの原子配列の乱雑さが低減された状態が反映されており、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバ3を得ることができる。この結果、線引き時の光ファイバ母材2の温度を制御することによりレイリー散乱強度の低減を図っているので、上述した従来の技術のように加熱炉を設けて再加熱するという工程が不要となり、線引き装置101の設備費用が高騰することなく且つ簡便に、伝送損失が低くされた光ファイバ3を得ることができる。
15
20

また、第1実施形態と同様に、線引き時の光ファイバ母材2の温度が 1800°C 未満に下がり、光ファイバ母材2の粘度が高い状態においても、光ファイバ母材2を光ファイバ3の所望径（例えば、ガラス外径 $125\mu\text{m}$ ）にまで容易に線引きすることができる。
25

また、カーボンヒータ 1 1 3 は、線引き方向に沿って直列に配設される第 1 カーボンヒータ 1 1 3 a、第 2 カーボンヒータ 1 1 3 b 及び第 3 カーボンヒータ 1 1 3 c を含んでいるので、光ファイバ母材 2 の加熱範囲を容易に拡大することができる。

- 5 なお、実験例 1 ～実験例 3 においては、光ファイバ母材 2 として、コア部が Ge 添加石英ガラスからなり、クラッド部が純石英ガラスからなるシングルモードファイバ用ガラス母材を用いたが、これ以外に、コア部が純石英ガラスからなり、クラッド部が F 添加ガラスからなる光ファイバ母材、Ge、F の添加により複雑な屈折率分布を有する石英ファイバ母材等の長距離伝送用の光ファイバ母材を用いた場合でも、伝送損失が低くされた光ファイバを得ることができる。
- 10

また、第 1 及び第 2 実施形態においては、カーボンヒータ 1 3，1 1 3 を有する線引き炉 1 1，1 1 1 を用いているが、線引き炉として誘導加熱ジルコニア炉等のほかのタイプのものを用いてもよい。

- 15 また、第 2 実施形態においては、カーボンヒータ 1 1 3 として、カーボンヒータを直列に 3 段配設（第 1 カーボンヒータ 1 1 3 a、第 2 カーボンヒータ 1 1 3 b 及び第 3 カーボンヒータ 1 1 3 c）するようにしているが、カーボンヒータを直列に 2 段あるいは 4 段以上配設するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

- 20 本発明の光ファイバの線引き方法及び線引き装置は、石英系光ファイバの線引き方法及び線引き装置に利用できる。

請求の範囲

1. 光ファイバ母材が供給される炉心管を備えた線引き炉を用い、前記光ファイバ母材を加熱線引きする光ファイバの線引き方法であって、

5 前記炉心管の温度を1800℃未満に保持した状態で、前記光ファイバ母材を線引きすることを特徴とする光ファイバの線引き方法。

2. 前記線引き炉として、線引き方向における発熱部の長さを前記光ファイバ母材の直径の8倍以上としたヒータを備えた線引き炉を用いて、前記光ファイバ母材を線引きすることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光ファイバの線引き方法。

10 3. 線引き炉を用い、光ファイバ母材を加熱線引きする光ファイバの線引き方法であって、

前記線引き炉内において、前記光ファイバ母材のメニスカス部のテーパ角度が19°以下となるように、前記光ファイバ母材を線引きすることを特徴とする光ファイバの線引き方法。

15 4. 光ファイバ母材を加熱線引きする線引き炉を備えた光ファイバの線引き装置であって、

前記線引き炉は、

前記光ファイバ母材が供給される炉心管と、

20 前記炉心管の外周に配設され、前記光ファイバ母材の長手方向の所定範囲を加熱するヒータと、を備えており、

前記ヒータの発熱部の線引き方向での長さが前記炉心管の内周直径の6倍以上であることを特徴とする光ファイバの線引き装置。

5. 前記ヒータが、線引き方向に沿って直列に配設される複数のヒータを含み、

25 前記複数のヒータの発熱部の前記線引き方向での長さの和が前記炉心管の内周直径の6倍以上であることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の光ファイバの

線引き装置。

6. 前記ヒータが、カーボンヒータであることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の光ファイバの線引き装置。

図 1

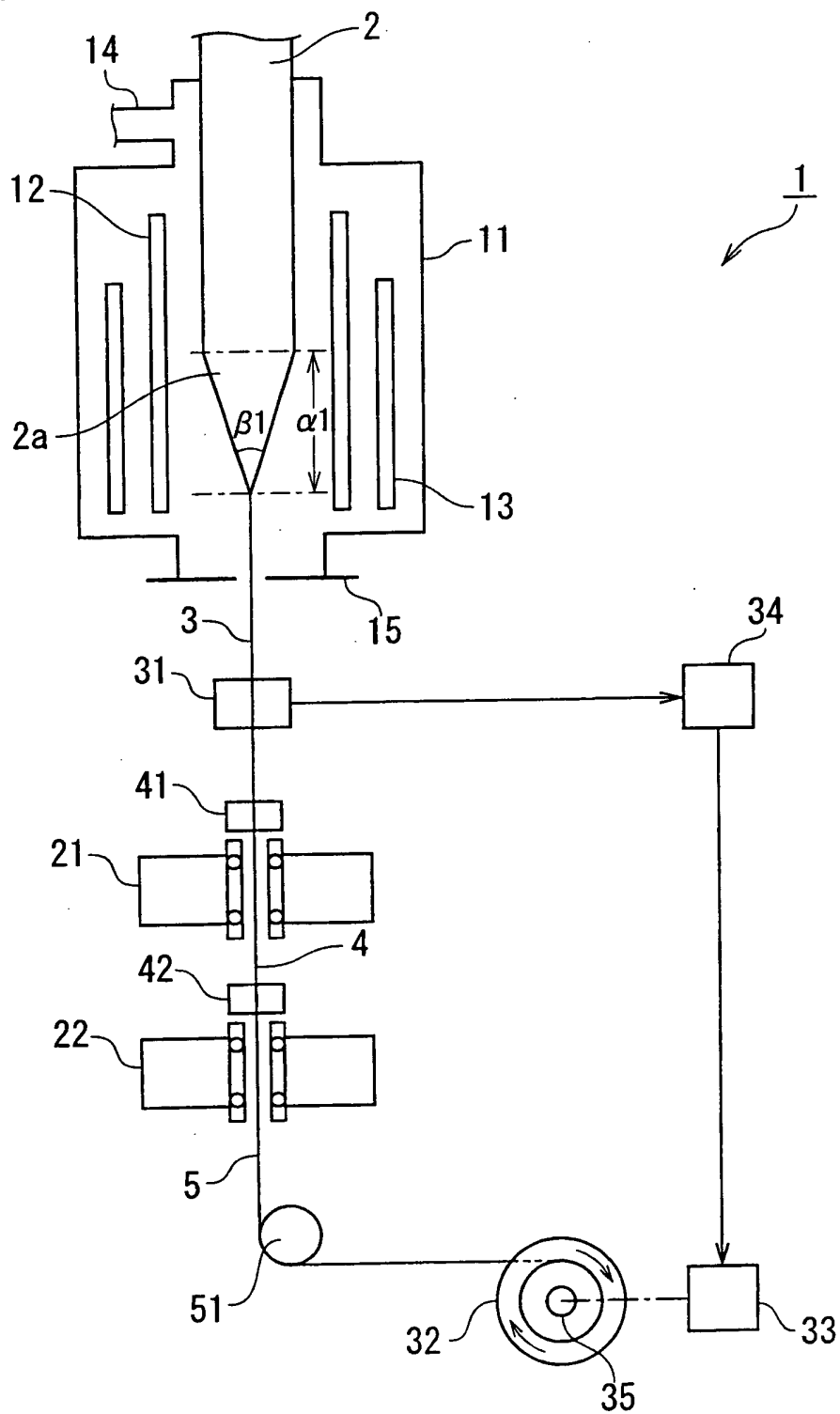
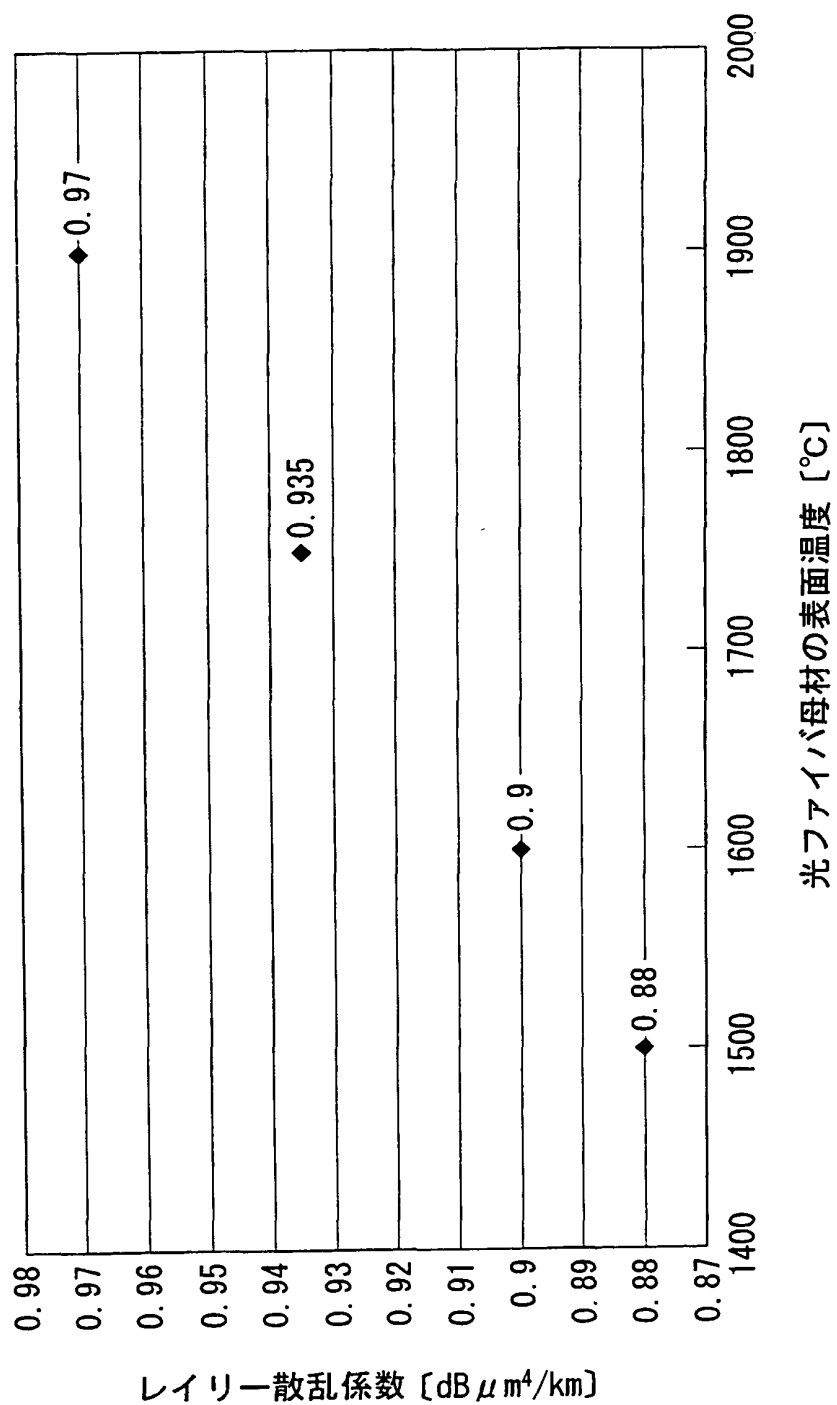


図3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04353

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C03B37/027
C03B37/029

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C03B37/027
C03B37/029

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 10-218635, A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 18 August, 1998 (18.08.98), Par. Nos. [0003] to [0006], [0012] (Family: none)	1-6
A	JP, 10-25127, A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 27 January, 1998 (27.01.98), Par. Nos. [0003] to [0021] (Family: none)	1-6
X	JP, 2-172840, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 04 July, 1990 (04.07.90), page 2, lower right column, lines 11 to 18 (Family: none)	3
X	JP, 2-164738, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 25 June, 1990 (25.06.90), Claims; Fig. 4 (Family: none)	3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 August, 2000 (17.08.00)

Date of mailing of the international search report
29 August, 2000 (29.08.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04353

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Although claims 1, 3, and 4 are independent claims, they only share as a common inventive concept a known method or device for heat-drawing an optical fiber preform in the technical field, and therefore have no integrated, novel inventive concept common to all these independent claims.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/04353

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.¹ C03B37/027
C03B37/029

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.¹ C03B37/027
C03B37/029

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2000年
日本国登録実用新案公報 1994-2000年
日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 10-218635, A (日本電信電話株式会社), 18. 8月. 1998 (18. 08. 98), 【0003】 - 【0006】, 【0012】 (ファミリーなし)	1-6
A	J P, 10-25127, A (日本電信電話株式会社), 27. 1月. 1998 (27. 01. 98), 【0003】 - 【0021】 (ファミリーなし)	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献国際調査を完了した日
17. 08. 00国際調査報告の発送日
29.08.00国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号特許庁審査官 (権限のある職員)
深草 祐一

4 T 9537

電話番号 03-3581-1101 内線 3463

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 2-172840, A (古河電気工業株式会社), 04. 7月. 1990 (04. 07. 90), 第2頁右下欄第11行目-18行目 (ファミリーなし)	3
X	J P, 2-164738, A (古河電気工業株式会社), 25. 6月. 1990 (25. 06. 90), 特許請求の範囲, 第4図 (ファミリーなし)	3

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

注第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲第1項、第3項、及び、第4項は、独立項であるが、これら3つの独立請求の範囲において共通の発明概念は、当該技術分野において周知の光ファイバ母材の加熱線引方法又は装置という点だけであり、これら独立請求の範囲のすべてに共通する統一的で新規な発明概念がない。

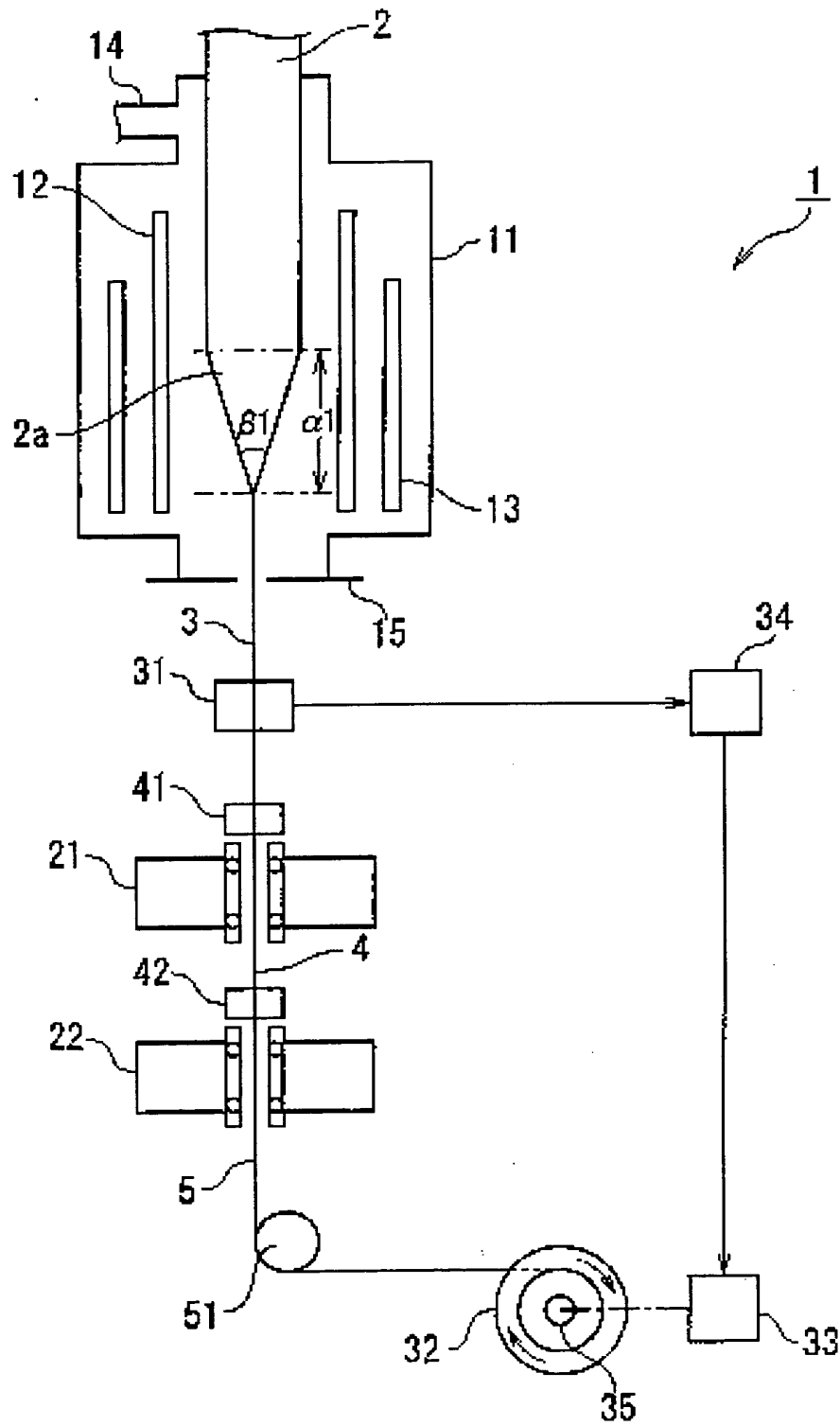
1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

様式PCT/ISA/210 (第1ページの続表(1)) (1998年7月)

図 1



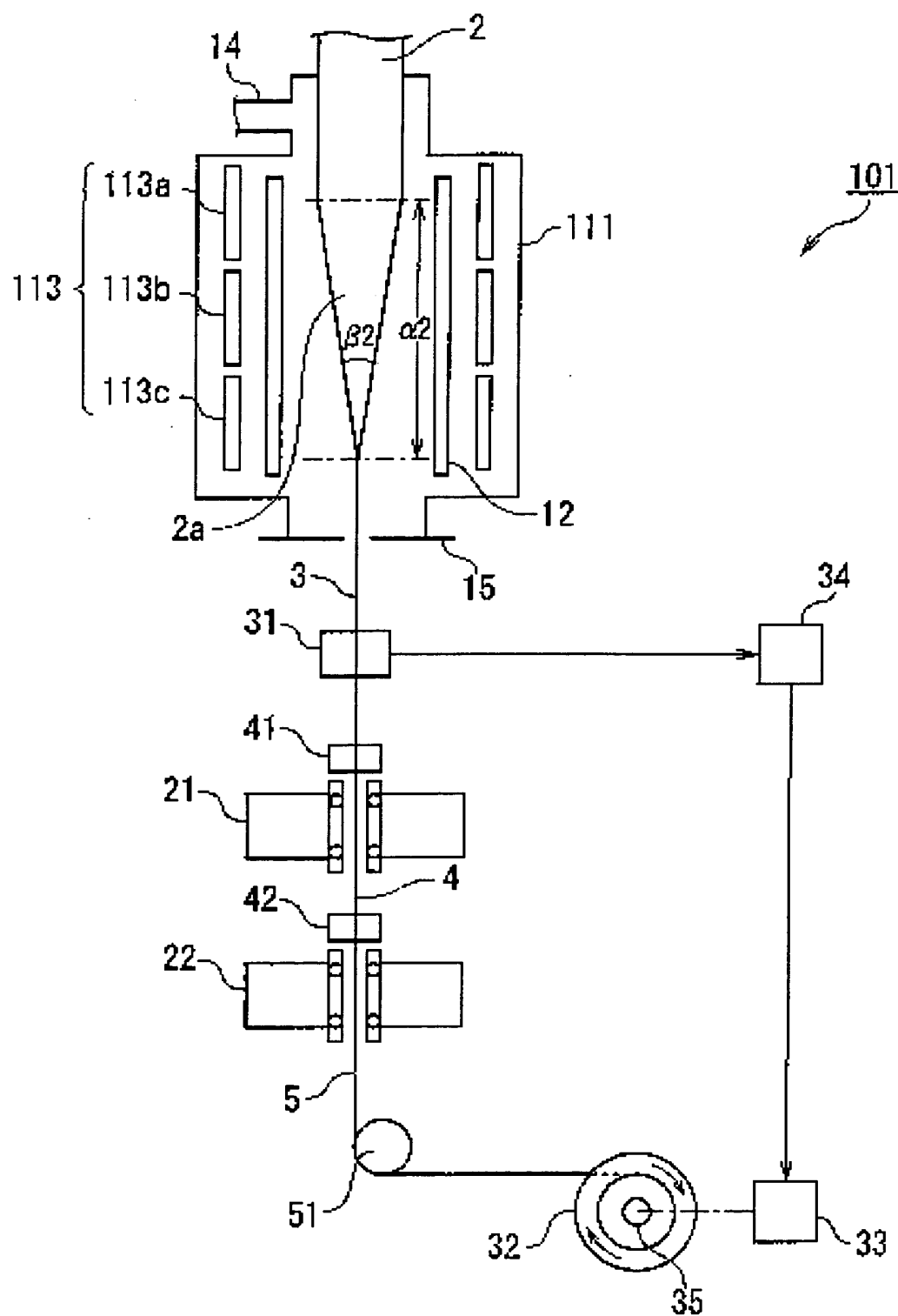


図3

